

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Yoshinobu KUBOTA et al.

Serial No.:

Filed: January 18, 2001

For: OPTICAL CIRCUIT

Group Art Unit:

Examiner:



*2/ Priority  
Papers  
B. Stenly  
5-16-01*

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR  
FOREIGN APPLICATION IN ACCORDANCE WITH  
THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)  
herewith a certified copy of the following foreign application(s):

Japanese Patent Application No. 2000-209725  
Filed: July 11, 2000

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing  
date, as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements  
of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,  
STAAS & HALSEY LLP

Date: January 18, 2001

By: \_\_\_\_\_

*H. J. Staas*  
H. J. Staas  
Registration No. 22,010

700 Eleventh Street, N.W.  
Suite 500  
Washington, D.C. 20001  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月11日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-209725

出 願 人

Applicant (s):

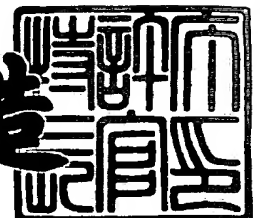
富士通株式会社



2000年11月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3095690

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000191

【提出日】 平成12年 7月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/10  
G02F 1/00

【発明の名称】 非主要光を導波する光導波路を備える光回路

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 久保田 嘉伸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 田中 剛人

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072718

【弁理士】

【氏名又は名称】 古谷 史旺

【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013354

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704947

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 非主要光を導波する光導波路を備える光回路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の光学素子が形成された基板に第 1 光導波路を備え、  
前記第 1 光導波路は、前記複数の光学素子の中の少なくとも 1 個の光学素子が  
出力光とすべき主要光を導波する第 2 光導波路から放射されまたは漏洩する非主  
要光を導波すること

を特徴とする光回路。

【請求項 2】 前記複数の光学素子の少なくとも 1 個は、マッハツェンダ型  
の光学素子であること

を特徴とする請求項 1 に記載の光回路。

【請求項 3】 前記複数の光学素子の少なくとも 2 個は、縦続接続されるこ  
と

を特徴とする請求項 1 に記載の光回路。

【請求項 4】 前記基板は、強誘電材料であること  
を特徴とする請求項 1 に記載の光回路。

【請求項 5】 前記複数の光学素子の中の 2 個は、  
主要光を導波する光導波路の屈折率を変化させるための電極に所定の周期のク  
ロック信号電圧を印加する第 1 マッハツェンダ型光変調部と、

前記第 1 マッハツェンダ型光変調部に縦続接続され、主要光を導波する光導波  
路の屈折率を変化させるための電極に送信すべき情報によって変調された信号電  
圧を印加するマッハツェンダ型光変調部とであること

を特徴とする請求項 1 に記載の光回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の光学素子を基板に形成した光回路に関し、特に、光学素子か  
ら放射されまたは漏洩する非主要光を導波する光導波路を設けた光回路に関する

近年、通信技術の分野では、インターネットの急速な普及によるトラフィック量の激増に対応するため、超長距離通信と大容量通信とを可能とする光通信技術が鋭意に研究・開発されている。

【0002】

【従来の技術】

光通信技術では、レンズ、光分岐結合器、光合分波器、光スイッチ、光減衰器、光変調器、半導体レーザ光源および光フィルタなどの光学素子が利用される。光学素子は、光入力ポートから入射された入射光の状態に対して何らかの制御を行い、その制御された光を光出力ポートから射出させる素子である。この制御される光の状態としては、位相、光強度、波長、偏波がある。

【0003】

現在、システムの安定化およびコストダウンなどを図るため、各種の光学素子を一体化する研究・開発が進められ、この一体化技術として、導波路型光回路（PLC、planar lightwave circuit）などの光集積回路がある。

一方、光変調器の1つとして、マッハツェンダ型（以下、「MZ型」と略記する。Mach-Zehnder interferometer type）光変調器がある。MZ型光変調器は、1つ光導波路がその中間部分を光分岐器で2つに分岐され光結合器で再び1つに結合されるように構成されている。そして、MZ光変調器は、この中間部分におけるそれぞれの光導波路に電圧を印加することによって光学的距離の差をすることができるようになっている。このMZ光変調器では、温度ドリフト、DCドリフトおよび応力等による経時変化により、印加電圧の動作点がシフトしてしまう。この対策として特開平10-228006号公報および特開平10-221664号公報などでは、動作点の制御は、主光信号を導波する光導波路から放射されまたは漏洩する光を監視（モニタ）することによって行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、光集積回路では、制御される主要光を導波する光導波路から主要光の一部が漏洩する場合がある。そして、光結合器の部分では、漏洩光の他に、光導波路が所定のモードのみを導波するように設計されるため、この所定のモード

を除くモードの光が放射される場合がある。このような漏洩光や放射光は、基板内を迷走して他の光学素子における光導波路に雑音として混入してしまうという問題がある。

#### 【0005】

特に、放射光や漏洩光をモニタして動作点を制御するMZ型光変調器では、MZ型光変調器の光結合部で放射されまたは漏洩する非主要光に、他の光結合器または他の光学素子における光結合部で放射されまたは漏洩する非主要光が雑音として混入してしまうため、適切に動作点を制御し難いという問題がある。

そこで、本発明では、或る光学素子から放射されまたは漏洩する非主要光を、他の光学素子に影響を与えないように回避させる光回路を提供することを目的とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

図1は、本発明の原理構成を示す図である。

図1(a)は、その全体構成を示す図であり、図1(b)は、図1(a)における破線で囲まれた部分を示す部分拡大図である。

図1において、複数の光学素子12が形成された基板11に第1光導波路14を備え、第1光導波路14は、複数の光学素子12の中の少なくとも1個の光学素子が出力光とすべき主要光を導波する第2光導波路13から放射されまたは漏洩する非主要光を導波することで達成される。

#### 【0007】

なお、図1において、実線は、光学素子12によって光の状態が制御される主要光を導波する光導波路13を示し、網掛け部は、放射光や漏洩光などの、主要光を除いた光である非主要光を導波する光導波路14を示す。

このような光回路では、或る光学素子12から射出される非主要光は、他の光学素子12に混入しないように、光導波路14によって回避させられる。例えば、基板11の外部に導出される。このため、非主要光は、他の光学素子12における主要光に雑音として干渉することがない。よって、光信号対雑音比を向上することができる。

## 【0008】

そして、このような光回路では、或る光学素子12から射出される非主要光は、他の光学素子12から射出される非主要光に混入しないようにすることができる。このため、或る光学素子12から射出される非主要光は、他の光学素子12における非主要光に雑音として干渉することがない。よって、他の光学素子12が自身の射出する非主要光によって自身の動作状態を制御されるように構成されている場合でも、確実に制御することができる。

## 【0009】

ここで、この非主要光を導波する光導波路14の一端は、基板11の外部側端面や基板表面（上面および下面の少なくとも一方の面）まで達するようして、この非主要光を外部に導出することが好ましい。さらに、より確実に外部に導出する観点から、導出する面と逆の面に反射鏡や反射させるための回折格子（グレーティング）を形成することが好ましい。

## 【0010】

例えば、光学素子12-11と光学素子12-12との間においてより具体的に説明する。

光学素子12-11で光の状態を制御された主要光は、光導波路13-1を導波されて、光学素子12-12に入射される。一方、光学素子12-11から射出される非主要光は、光学素子12-11と光学素子12-12との間に形成された光導波路14-1、14-2に入射され、光導波路14-1、14-2によって導出される。このため、この非主要光は、光学素子12-12に達しないように回避される。

## 【0011】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面に基づいて説明する。なお、各図において、同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

## （本実施形態の構成）

本実施形態は、本発明にかかる光変調器の実施形態である。

## 【0012】

図2は、本実施形態の光変調器の構成を示す図である。



なお、図2(a)は、その全体構成を示し、図2(b)は、非主光信号を導波する光導波路を除いた基板部分を示し、図3(c)は、主光信号を導波する光導波路と非主光信号を導波する光導波路との基板部分を示す。

## 【0013】

図3は、本実施形態の光変調器の各断面を示す図である。

なお、図3(a)は、図2に示すA-A'断面を示し、図3(b)は、図2に示すB-B'断面を示し、図3(c)は、図2に示すC-C'断面を示し、図3(d)は、図2に示すD-D'断面を示す。

図4は、マッハツェンダ型の光導波路における主信号光および放射光の説明図である。

## 【0014】

図2および図4において、本実施形態の光変調器は、ニオブ酸リチウム(Z板)の基板31に主光信号を導波する光導波路32が形成される。光導波路32は、その中間部分の3箇所ではMZ型に形成される。このMZ型光導波路32は、それぞれの箇所で、図4に示すように入射光導波路32a、射出光導波路32bおよび中間光導波路32c、32dからなり、中間光導波路32c、32dは、入射光導波路32aと射出光導波路32bとの間にY字状分岐部R1およびY字状結合部R2を介して互いに平行に接続される。

## 【0015】

中間導波路32c、32dの中の一方の上部に進行波電極33が形成され、他方の上部に接地電極34が形成される。

3箇所に形成されたMZ型の光学素子は、入射側から第1の箇所が可変光減衰部21に割り当てられ、第2の箇所が第1光変調部22に割り当てられ、第3の箇所が第2光変調部23に割り当てられる。

## 【0016】

可変光減衰部21における進行波電極33-1の一端は、可変電圧源41を介して接地され、他端は、並列接続された抵抗器42とコンデンサ43とを介して接地される。

第1光変調部22における進行波電極33-2の一端は、クロック信号を供給す

る信号源 4 4 を介して接地され、他端は、並列接続された抵抗器 4 5 とコンデンサ 4 6 とを介して接地される。

【 0 0 1 7 】

第 2 光変調部 2 3 における進行波電極 3 3 -3 の一端は、伝送すべき情報で変調された信号を供給する信号源 4 7 を介して接地され、他端は、並列接続された抵抗器 4 8 とコンデンサ 4 9 とを介して接地される。

これら可変電圧源 4 1 および信号源 4 4 、 4 7 は、信号制御回路 2 4 によってそれぞれ制御される。

【 0 0 1 8 】

各部の接地電極 3 3 -1、 3 3 -2、 3 3 -3 は、それぞれ接地される（不図示）。

そして、基板 3 1 には、略上面矩形状の光導波路 3 5 -1、 3 5 -2 が、第 2 光変調部 2 3 における射出光導波路 3 2 b-3 の両側にそれぞれ矩形の 1 辺が平行になるように形成され、この光導波路 3 5 -1、 3 5 -2 は、第 2 光変調部 2 3 における Y 字状結合部 R 2 -3 から放射される漏洩光および放射光を導波する。

【 0 0 1 9 】

なお、この光導波路 3 5 -1、 3 5 -2 は、特開平 1 0 - 2 2 8 0 0 6 号公報および特開平 1 0 - 2 2 1 6 6 4 号公報に開示されているように、例えば、上面長方形形状や基板 3 1 の端面に向かうに従って徐々に幅が狭くなる上面台形状に形成される。

光導波路 3 5 -1、 3 5 -2 に導波された漏洩光および放射光は、光電効果を利用した受光部 2 5 に入射され、その光強度が検出される。この受光部 2 5 として、例えば、フォトダイオードを利用することができる。検出された出力は、信号制御回路 2 4 に入力される。信号制御回路 2 4 は、この受光部 2 5 の出力に基づき、第 2 光変調部 2 3 の動作点が最適化される。

【 0 0 2 0 】

一方、基板 3 1 には、図 2 ( a ) および ( c ) に示すように、非主光信号を導波する光導波路 3 6 -1、 3 6 -2 が形成される。この光導波路 3 6 -1、 3 6 -2 は、可変光減衰部 2 1 と第 1 光変調部 2 2 との間では、可変光減衰部 2 1 における Y 字状光結合部 R 2 -1 の後方に、可変光減衰部 2 1 の射出光導波路 3 2 b-1 および

第 1 光変調部 2 2 の入射光導波路 3 2 a-2 と略平行になるようにその両側にそれぞれ形成される。断面形状は、図 3 (a) である。そして、光導波路 3 6-1、3 6-2 は、第 1 光変調部 2 2 では、その Y 字状光分岐部 R1-2 および第 1 光変調部 2 2 の中間光導波路 3 2 c-2、3 2 d-2 に略平行になるように形成され、Y 字状光結合部 R2-2 までそのまま延長される。断面形状は、図 3 (b)、(c) である。光導波路 3 6-1、3 6-2 は、第 1 光変調部 2 2 と第 1 光変調部 2 3 との間では、第 1 光変調部 2 2 の射出光導波路 3 2 b-2 および第 2 光変調部 2 2 の入射光導波路 3 2 a-3 と略平行になるように形成される。さらに、光導波路 3 6-1、3 6-2 は、第 2 光変調部 2 3 では、その Y 字状光分岐部 R1-3 および第 2 光変調部 2 3 の中間光導波路 3 2 c-3、3 2 d-3 に略平行になるように形成され、基板 3 1 の射出側端面までそのまま延長される。断面形状は、図 3 (d) である。

#### 【0021】

そして、光導波路 3 2 と光導波路 3 6 との間隔は、これら光導波路間の結合を防止することができるように十分な間隔に設計される。

ここで、この非主光信号は、主に漏洩光および放射光であるが、放射光の生成について説明する。

図 4 において、(a) は、進行波電極 3 3 に電圧を印加しない場合（接地電極と同電位の場合）の光の伝播の様子を示し、(b) は、進行波電極 3 3 に電圧を印加した場合の光の伝播の様子を示す。そして、(c) は、主信号光と放射光との関係を示す。また、図 4 (a) および (b) において、入射光導波路 3 2 a、射出導波路 3 2 b、および中間光導波路 3 2 c、3 2 d の伝播モードが波形状で図示されている。そして、光導波路 3 2 は、所定のモードのみを伝播するように設計・製造される。図 4 (c) の横軸は、駆動電圧を示し、その縦軸は、出力光強度を示す。

#### 【0022】

図 4 (a) において、所定のモードの入射光は、MZ 型の入射光導波路 3 2 a に入射されると、Y 字状光分岐部 R1 で分岐されて中間光導波路 3 2 c、3 2 d に入射され、中間光導波路 3 2 c、3 2 d を入力モードと同じモードでそれぞれ伝播した後に、Y 字状光結合部 R2 においてこれらの光が合波されて、射出光導

波路 3 2 b へ射出される。この際に合波された光は、入力モードと同じモードになるため、射出光導波路 3 2 b を伝播する。

【 0 0 2 3 】

一方、図 4 ( b ) において、所定のモードの入射光は、MZ 型の入射光導波路 3 2 a に入射されると、Y 字状光分岐部 R1 で分岐されて中間光導波路 3 2 c 、 3 2 d に入射されるが、この場合においては、進行波電極 3 3 に電圧が印加されるため、中間光導波路 3 2 c 、 3 2 d の屈折率が変化するので、光の伝播速度が変化する。この結果、中間光導波路 3 2 c 、 3 2 d を伝播する光に位相差が生じ、Y 字状光結合部 R2 においてこれらの位相の異なる光が合波されて、射出光導波路 3 2 b へ射出される。この際に合波された光は、位相が異なるため入力モードと異なるモードになるため、射出光導波路 3 2 b を伝播することができなくなり、基板 3 1 の内部に放射光として放射されることになる。

【 0 0 2 4 】

したがって、主光信号（実線）と放射光（破線）とは、図 4 ( c ) に示すように、互いに位相が反転した関係にある。

なお、第 1 光変調部 2 2 および第 2 光変調部 2 3 は、電極に印加される電圧によって電気光学効果を生じさせて屈折率を変化させるが、可変光減衰部 2 1 は、電極に印加される電圧によって熱光学効果を生じさせて屈折率を変化させる。

【 0 0 2 5 】

また、漏洩光は、このような光導波路 3 2 で主信号光がわずかに基板 3 1 の内部に漏洩する光である。主に Y 字状光結合部 R2 で漏洩する。

次に、第 2 光変調部 2 3 の動作点シフトについて説明する。

図 5 は、マッハツェンダ型光変調部の入出力特性と動作点シフトとの関係を示す図である。

【 0 0 2 6 】

図 5 において、①は、動作点シフトが発生する前の特性を示し、②は、動作点シフトが発生した場合の特性を示す。

MZ 型の第 2 光変調部 2 3 では、図 5 に示すように、駆動電圧の変化に対して出力光強度は、周期的に変化する。

よって、入力信号の論理値（L o、H i）に対応して出力光強度の上下の各尖頭値が得られる駆動電圧  $V1$ 、 $V2$  を割り当てることにより、2 値変調を行うことができる。

【0027】

ここで、破線で示すように動作点シフトが発生した場合にも、駆動電圧  $V1$ 、 $V2$  が一定であると、第2光変調部23から出力される光信号出力は、入出力特性の周期性により、図5に示すように、シフトした電圧  $dV$  だけその消光比が劣化する。よって、動作点シフトが発生した場合には、駆動電圧  $V1$ 、 $V2$  をそれぞれ  $(V1 + dV)$  および  $(V2 + dV)$  として動作点を制御すればよい。

【0028】

そして、上述したように、主光信号と放射光とは、図4（c）に示すように、互いに位相が反転した関係にあるから、放射光は、動作点シフトの情報を含めた主光信号の情報を持っていることになる。このため、第2光変調部23のY字状光結合部R2-3から放射される漏洩光および放射光とを受光部25でモニタすることにより、信号制御回路24は、動作点を制御することができる。

【0029】

（光変調器の製造工程）

次に、本実施形態における光変調器の製造工程について説明する。

図6は、本実施形態の光変調器における光導波路の製造工程を示す図である。

なお、図6は、図2（a）のA-A'断面の基板31および光導波路32、36に相当する。

【0030】

まず、強誘電材料であるニオブ酸リチウム（Z板）の基板31が用意され、チタン102が、その基板の表面に真空蒸着法により厚さ1000オングストロームで膜状に堆積される（図6（a））。

次に、膜状のチタン102の表面にフォトレジスト103が被覆され（図6（b））、光導波路とする部分を残してフォトレジスト103が取り除かれる（図6（c））。

【0031】

次に、不要なチタン102をエッチングにより除去し（図6（d））、フォトレジスト103を除去する。

このように標準的なフォトリソグラフィおよび微細加工によって、チタン102-1が、主光信号を導波する光導波路32となる部分に対応する基板31の表面上に残れられるように、チタン102-2が、漏洩光と放射光とを導波する光導波路36となる部分に対応する基板31の表面上に残されるように、および、チタンが動作点シフト制御用の漏洩光と放射光とを導波する光導波路35となる部分に対応する基板31の表面上に残されるように（図6に不図示）、パターン化される（図6（e））。

#### 【0032】

次に、これを1050℃の高温酸素中（wet O<sub>2</sub>）に約10時間おくチタン拡散処理によって、チタン102を基板31に拡散させニオブ酸リチウムよりも屈折率の大きい領域を形成して、光導波路32、35、36を形成する（図6（f）、光導波路35は不図示）。

このような製造工程では、すべての光導波路32、35、36を同一工程で製造することができるという利点がある。

#### 【0033】

次に、アルミニウム（Al）や金（Au）などの電極となる金属を真空蒸着し、標準的なフォトリソグラフィおよび微細加工によってこの金属をパターン化して、進行波電極33および接地電極34を形成する。

なお、進行波電極33および接地電極34による主光信号の吸収を小さくする観点から、光導波路32と進行波電極33および接地電極34との間には、二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）などの薄膜層を形成することが好ましい。

#### 【0034】

（本実施形態の作用効果）

半導体レーザなどから射出されたレーザ光は、可変光減衰部21の入射光導波路32a-1に入射される。可変光減衰部21において、入射されたレーザ光は、Y字状光分岐部R1-1で分岐され、それぞれ中間光導波路32c-1、32d-1を伝播し、Y字状光結合部R2-1で合波される。この際に、進行波電極33-1に印

加された電圧に応じて中間光導波路 3 2 c-1 に熱が加えられ、中間光導波路 3 2 c-1 、 3 2 d-1 間に温度差が生じる。この温度差に応じて中間光導波路 3 2 c-1 、 3 2 d-1 間に光学的距離の差が生じ、射出光導波路 3 2 d-1 から射出されるレーザー光は、所定の減衰量で光強度が減衰される。この減衰量は、信号制御回路 2 4 によって制御される。

## 【 0 0 3 5 】

この可変光減衰部 2 1 の Y 字状光結合部 R 2-1 で合波される際に、漏洩光および放射光が生じたとしても、これら漏洩光および放射光は、射出光導波路 3 2 d-1 の両側に設けられた光導波路 3 6-1、 3 6-2 に入射され、基板 3 1 の外部に導出される。このため、可変光減衰部 2 1 から放射された漏洩光および放射光は、第 1 光変調部 2 2 に混入・干渉することがない。

## 【 0 0 3 6 】

所定の光強度に調整されたレーザー光は、可変光減衰部 2 1 の射出光導波路 3 2 b-1 から第 1 光変調部 2 2 の入射光導波路 3 2 a-2 へ伝播される。第 1 光変調部 2 2 において、レーザー光は、Y 字状光分岐部 R 1-2 で分岐され、それぞれ中間光導波路 3 2 c-2 、 3 2 d-2 を伝播し、Y 字状光結合部 R 2-2 で合波される。この際に、進行波電極 3 3-1 に印加された電圧に応じて中間光導波路 3 2 c-2 に電気光学効果により屈折率が変化し、中間光導波路 3 2 c-2 、 3 2 d-2 のそれぞれを伝播するレーザー光に位相差が生じる。印加される電圧は、所定の周期のクロックで変化するので、レーザー光は、このクロック周期でオン・オフする。

## 【 0 0 3 7 】

この第 1 光変調部 2 2 の Y 字状光結合部 R 2-2 において、図 4 を用いて説明したように漏洩光および放射光が生じたとしても、これら漏洩光および放射光は、射出光導波路 3 2 d-2 の両側に設けられた光導波路 3 6-1、 3 6-2 に入射され、基板 3 1 の外部に導出される。このため、第 1 光変調部 2 2 から放射された漏洩光および放射光は、第 2 光変調部 2 3 に混入・干渉することがない。

## 【 0 0 3 8 】

所定のクロック周期に変調されたレーザー光は、第 1 光変調部 2 2 の射出光導波路 3 2 b-2 から第 2 光変調部 2 3 の入射光導波路 3 2 a-3 へ伝播される。第 2 光

変調部 22 において、レーザ光は、Y 字状光分岐部 R1-3 で分岐され、それぞれ中間光導波路 32c-3、32d-3 を伝播し、Y 字状光結合部 R2-3 で合波される。この際に、進行波電極 33-1 に印加された電圧に応じて中間光導波路 32c-3 に電気光学効果により屈折率が変化し、中間光導波路 32c-3、32d-3 のそれぞれを伝播するレーザ光に位相差が生じる。印加される電圧は、送出すべき情報に応じて変調されているので、レーザ光は、この変調に応じてオン・オフする。

【0039】

この第 2 光変調部 23 の Y 字状光結合部 R2-3 において、漏洩光および放射光は、射出光導波路 32d-3 の両側に設けられた光導波路 35-1、35-2 に入射される。そして、この漏洩光および放射光は、基板 31 の側面から受光部 25 に入射され、第 2 光変調部 23 の動作点を制御するために利用される。この場合に、可変光減衰部 21 および第 1 光変調部 22 から放射された漏洩光および放射光は、第 2 光変調部 23 に混入・干渉することがないので、動作点を確実に制御することができる。

【0040】

レーザ光は、このように可変光減衰部 21 で所定の光強度に調整され、第 1 光変調部 22 および第 2 光変調部 23 によって RZ (return-zero) 光信号に変調され、光変調器から出力される。出力された RZ 光信号は、レンズを介して伝送用の光ファイバに入射される。

このように、本実施形態の光変調器は、可変光減衰部 21、第 1 光変調部 22 および第 2 光変調部 23 を同一基板 31 上に形成するが、可変光減衰部 21 から放射される漏洩光および放射光を導出する専用の光導波路 36 を形成するので、可変光減衰部 21 の漏洩光や放射光を第 1 光変調部 22 および第 2 光変調部 23 に影響を与えないように回避させることができる。そして、光導波路 36 は、第 1 光変調部 22 から放射される漏洩光および放射光をも導出するので、可変光減衰部 21 および第 1 光変調部 22 の漏洩光や放射光を第 2 光変調部 23 に影響を与えないように回避させることができる。さらに、回避されるので、受光部 25 は、第 2 光変調部 23 からの漏洩光および放射光を受光することができるから、信号制御回路 24 は、第 2 光変調部 23 の動作点を最適に保持することができる。



【 0 0 4 1 】

(数値例)

図 7 は、本発明にかかる光導波路の全体構成および Y 字状結合部 R2 から Y 字状分岐部 R1 までの部分拡大の図である。

図 7 (a) は、図 2 (c) と同じ図であり、主要光を導波する光導波路 3 2 と非主要光を導波する光導波路との基板部分である。図 7 (b) は、図 7 (a) の破線で囲った部分の部分拡大図である。そして、図 7 (c) は、光導波路 3 2 と光導波路 3 6 との間隔を徐々に広げる場合を示した部分拡大図である。

【 0 0 4 2 】

Y 字状分岐部 R1 の分岐角および Y 字状結合部 R2 の結合角は、ともに約 1 度である。可変光減衰部 2 1 の Y 字状結合部 R2-1 から第 1 光変調部 2 2 の Y 字状分岐部 R1-2 までの間隔、および、第 1 光変調部 2 2 の Y 字状結合部 R2-2 から第 2 光変調部 2 3 の Y 字状分岐部 R1-3 までの間隔は、ともに約 4 ~ 1 0 mm である。そして、可変光減衰部 2 1、第 1 光変調部 2 2 および第 2 光変調部 2 3 のそれぞれにおいて、Y 字状分岐部 R1 から Y 字状結合部 R2 までの間隔は、約 2 5 ~ 4 0 mm である。光導波路 3 2 は、モードフィールドとして約 5  $\mu$  m ~ 1 0  $\mu$  m である。

【 0 0 4 3 】

このような場合に、光導波路 3 2 と光導波路 3 6 との間隔は、これら光導波路間の結合を防止するために、約 8  $\mu$  m に設計された。

この場合では、第 2 光変調部 2 3 の動作点シフトを制御するために利用される受光部 2 5 の出力は、信号対雑音比で理論上 2 倍改善される効果がある。

なお、光導波路 3 2 と光導波路 3 6 との結合をより抑制する観点から、図 7 (c) に示すように、光導波路 3 6 は、光導波路 3 2 と平行に形成しないで、その間隔を徐々に広げるように形成してもよい ( $W1 < W2$ )。

【 0 0 4 4 】

(光導波路 3 6 のパターン例)

次に、光導波路 3 6 の他のパターンの例について説明する。

図 8 は、本発明にかかる光導波路の他のパターンの例を示す図である。

【 0 0 4 5 】

本実施形態では、漏洩光および放射光を導波する光導波路は、図 2 に示すように、可変光減衰部 2 1 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路と第 1 光変調部 2 2 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路とを一体的形成して、上面が面状である光導波路 3 6-1、3 6-2 を形成したが、図 8 (a) に示すように、可変光減衰部 2 1 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路 3 6-3、3 6-4 と第 1 光変調部 2 2 の漏洩光および放射光を導波するための光導波路 3 6-5、3 6-6 と分離してもよい。

【 0 0 4 6 】

また、Y 字状光結合部 R2 から放射される漏洩光および放射光は、実験観察すると主に中間光導波路 3 2 c、3 2 d における Y 字状部の延長線（図 8 (b) に破線で示す）上に伝播することが分かるので、図 8 (b) に示すように、漏洩光および放射光を導波する光導波路は、この延長線上に、上面が帯状である光導波路 3 6-7、3 6-8、3 6-9、3 6-10 を形成してもよい。

【 0 0 4 7 】

本発明にかかる光導波路は、前段の光学素子から放射される漏洩光および放射光が次段の光学素子に混入して主光信号に干渉することを防止すればよい。よって、図 8 (c) に示すように、第 1 光変調部 2 2 に対しては、可変光減衰部 2 1 の Y 字状光分岐部 R2-1 から可変光減衰部 2 1 の射出光導波路 3 2 d の両側に、上面が線状である光導波路 3 6-11、3 6-12 を形成し、第 1 光変調部 2 2 の入射光導波路 3 2 a から Y 字状光分岐部 R1-2 にかけて徐々にこの入射光導波路 3 2 a から離れるように形成し、第 1 光変調部 2 2 の主光信号に混入・干渉しないように漏洩光および放射光を導出してもよい。同様に、第 2 光変調部 2 3 に対しては、第 1 光変調部 2 2 の Y 字状光分岐部 R2-2 から第 1 光変調部 2 2 の射出光導波路 3 2 d の両側に、上面が線状である光導波路 3 6-13、3 6-14 を形成し、第 2 光変調部 2 3 の入射光導波路 3 2 a から Y 字状光分岐部 R1-3 にかけて徐々にこの入射光導波路 3 2 a から離れるように形成し、第 2 光変調部 2 3 の主光信号に混入・干渉しないように漏洩光および放射光を導出してもよい。

## 【0048】

さらに、可変光減衰部 21、第 1 光変調部 22 および第 2 光変調部 23 からなる RZ 信号を生成する光変調器がアレイ状に 2 個形成される場合には、図 8 (d) に示すように光導波路 36-15、36-16 を形成すればよい。なお、このような場合に、光導波路 36-19 の一端が、途中で光学素子が存在するなどのために、基板 31 の一側面に達することができない場合には、光導波路 36-19 の一面表面を基板 31 表面（上面および下面の少なくとも一方の面）まで達するようにして、この非主要光を外部に導出するようにすればよい。さらに、より確実に外部に導出する観点から、導出する面と逆の面に反射鏡や反射させるための回折格子（グレーティング）を形成することが好ましい。

## 【0049】

なお、本実施形態では、ニオブ酸リチウムの場合について説明したが、これに限定されるものではない。ニオブ酸リチウムは、大きな電気光学効果、非線形光学効果、圧電効果を示す強誘電性酸素 8 面体型酸化物であり、光変調器、光スイッチ、可変光減衰器、弾性表面波フィルタなどに応用され、光集積回路の基板として用いられる化合物である。このような化合物として、例えば、ニオブ酸タンタルなども使用することができ、材料に合わせて光導波路を形成させるために拡散させる金属が選択される。

## 【0050】

また、例えば、基板としてシリコン (Si) や酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) の基板を用いてこの基板に石英系ガラスの光導波路を形成してもよい。

この石英系ガラスの光導波路の製造は、種々の方法が一般に知られているが、その製造工程を概説すると以下のようである。

まず、シリコン基板に下部クラッド層とコア層となる石英系のガラス膜を形成する。この形成法には、例えば、石英ガラスの原料である  $\text{SiCl}_4$  とドーパントの  $\text{GeCl}_4$  とを散水素火炎中で加水分解させて  $\text{SiO}_2$ - $\text{GeO}_2$  のガラスを堆積させる火炎堆積法 (FHD、flame hydrolysis deposition) および、原料の  $\text{SiH}_4$  を所定の温度に保った基板の周囲に流してガラスを堆積させる化学気相堆積法 (CVD、chemical vapor deposition) などが知られている。

【0051】

その後、標準的なフォトリソグラフィ、およびRIEなどの微細加工によってコア層を加工して光導波路が形成される。

最後に、FHDやCVDなどによって上部クラッド層を形成する。

さらに、本実施形態では、基板31上に形成される光学素子が可変光減衰部21および光変調部22、23の場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、音響光学効果を利用した可変波長選択光フィルタ(AOTF、acousto-optic tunable filter)でもよい。このように強誘電材料に電圧を印加して光の状態を制御する光学素子に本発明を適用することができる。

【0052】

以上の記載から下記の発明が主に開示された。

(付記1) 複数の光学素子が形成された基板に第1光導波路を備え、

前記第1光導波路は、前記複数の光学素子の中の少なくとも1個の光学素子が出力光とすべき主要光を導波する第2光導波路から放射されまたは漏洩する非主要光を導波すること

を特徴とする光回路。

【0053】

(付記2) 前記複数の光学素子の少なくとも1個は、マッハツェンダ型の光学素子であること

を特徴とする付記1に記載の光回路。

(付記3) 前記複数の光学素子の少なくとも1個は、マッハツェンダ型光変調器であること

を特徴とする付記1に記載の光回路。

【0054】

(付記4) 前記複数の光学素子の少なくとも2個は、縦続接続されること  
を特徴とする付記1に記載の光回路。

(付記5) 前記基板は、強誘電材料であること  
を特徴とする付記1に記載の光回路。

(付記6) 前記基板は、ニオブ酸リチウム( $\text{LiNbO}_3$ )であること

を特徴とする付記 1 に記載の光回路。

【0055】

(付記 7) 前記複数の光学素子の中の 2 個は、

主要光を導波する光導波路の屈折率を変化させるための電極に所定の周期のクロック信号電圧を印加する第 1 マッハツェンダ型光変調部と、

前記第 1 マッハツェンダ型光変調部に縦続接続され、主要光を導波する光導波路の屈折率を変化させるための電極に送信すべき情報によって変調された信号電圧を印加するマッハツェンダ型光変調部とであること

を特徴とする付記 1 に記載の光回路。

【0056】

(付記 8) 前記主要光は、光強度を減衰するとともに減衰量を変更することができる可変光減衰部を介して前記第 1 マッハツェンダ光変調部に入射されることを特徴とする付記 7 に記載の光回路。

【0057】

#### 【発明の効果】

以上のように、本発明にかかる光回路は、複数の光学素子を同一基板上に形成した場合でも、或る光学素子から放射される漏洩光および放射光を導出する専用の光導波路を形成するので、これら漏洩光や放射光を他の光学素子に影響を与えないように回避させることができる。

【0058】

特に、他の光学素子が自身の漏洩光または放射光を利用して自身の動作を制御している場合、例えば、自身の動作点シフトを制御している場合でも、自身の漏洩光および放射光に不要な光が本発明にかかる光導波路によって混入・干渉することがないので、確実にその自身の動作を制御することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の原理構成を示す図である。

【図 2】

本実施形態の光変調器の構成を示す図である。

【図 3】

本実施形態の光変調器の各断面を示す図である。

【図 4】

MZ 型の光導波路における主信号光および放射光の説明図である。

【図 5】

MZ 型光変調部の入出力特性と動作点シフトとの関係を示す図である。

【図 6】

本実施形態の光変調器における光導波路の製造工程を示す図である。

【図 7】

本発明にかかる光導波路の全体構成および Y 字状結合部 R2 から Y 字状分岐部 R1 までの部分拡大の図である。

【図 8】

本発明にかかる光導波路の他のパターンの例を示す図である。

【符号の説明】

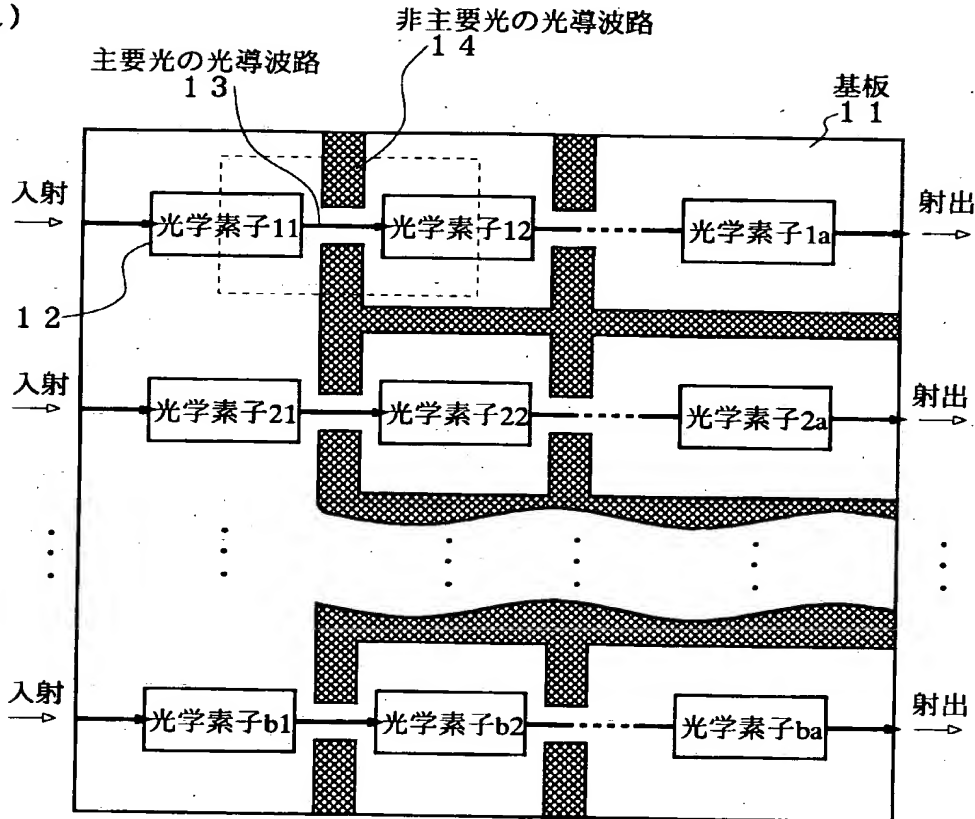
- 1 1 基板
- 1 2 光学素子
- 1 3 主要光の光導波路
- 1 4 非主要光の光導波路
- 2 1 可変光減衰部
- 2 2 第 1 光変調部
- 2 3 第 2 光変調部
- 2 4 信号制御回路
- 2 5 受光部
- 3 1 基板
- 3 2、3 5、3 6 光導波路

【書類名】 図面

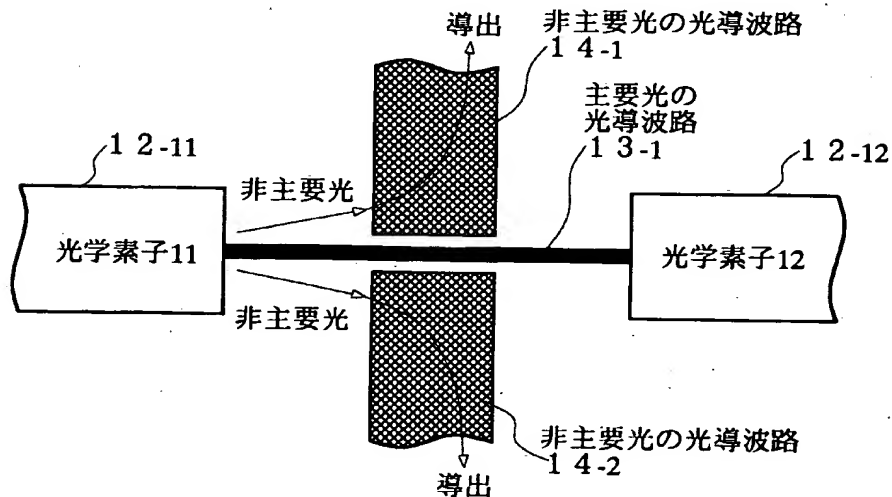
【図 1】

本発明の原理構成

(a)

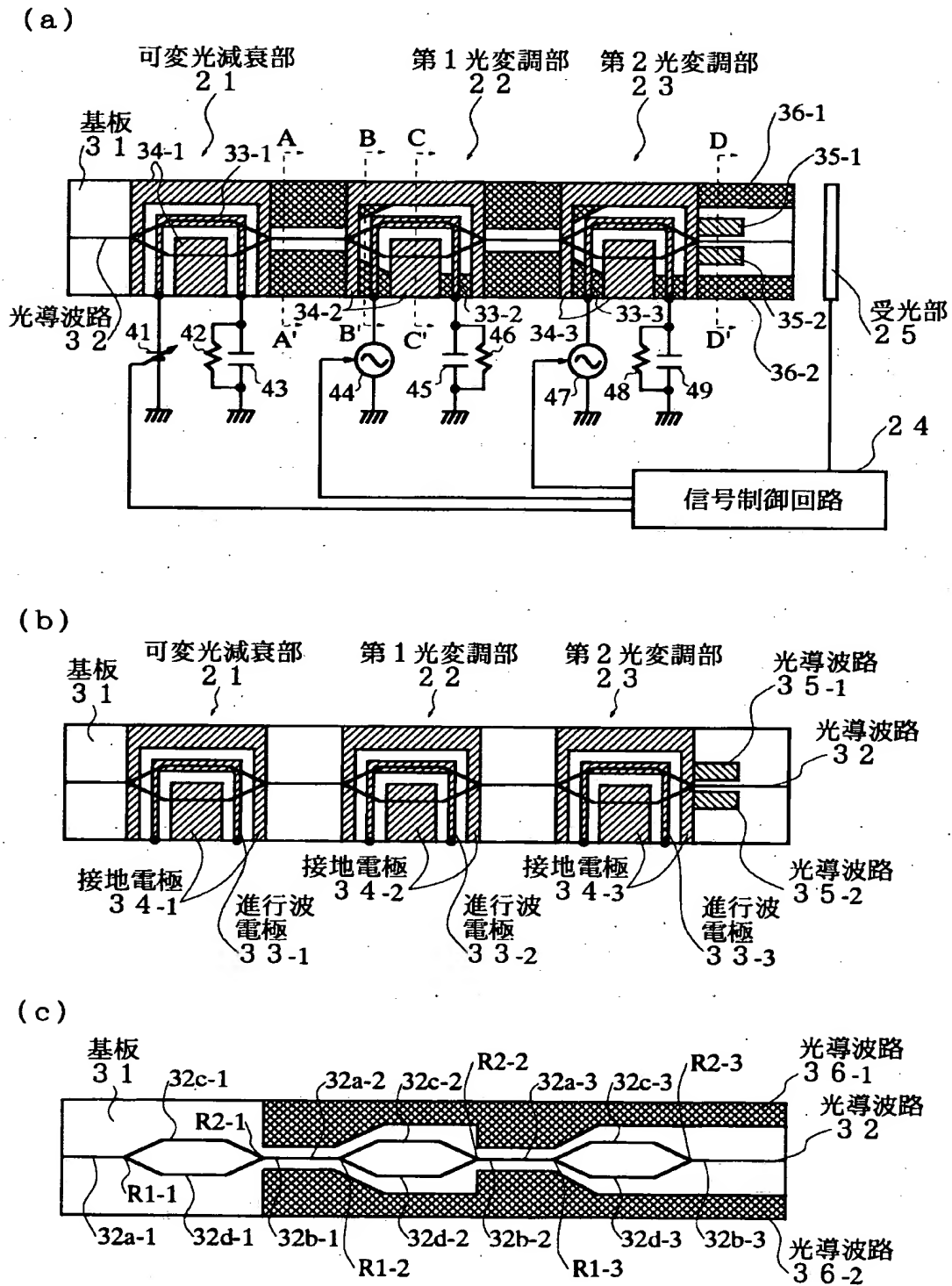


(b)



【図 2】

本実施形態の光変調器の構成

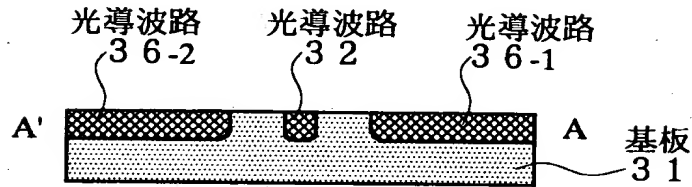




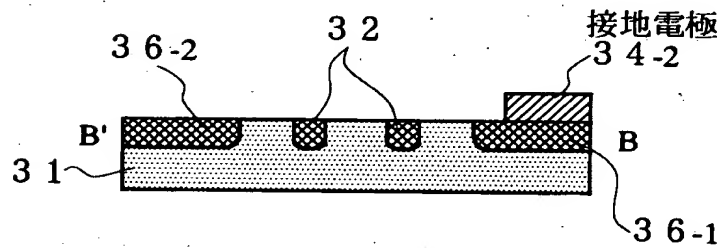
【図 3】

本実施形態の光変調器の各断面図

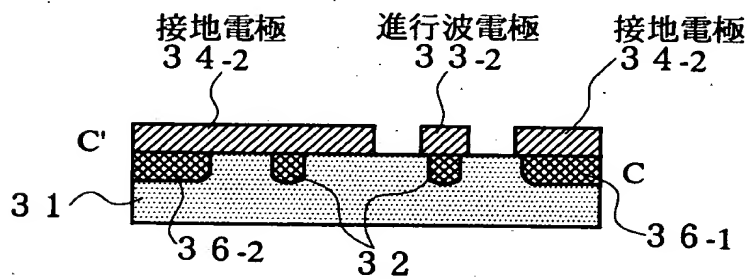
(a)



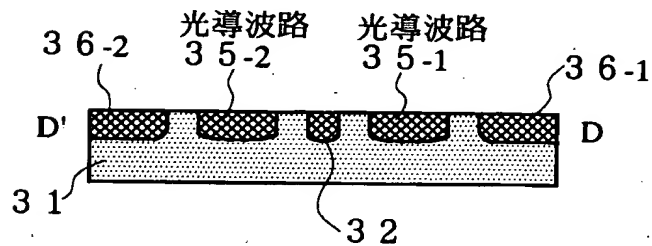
(b)



(c)



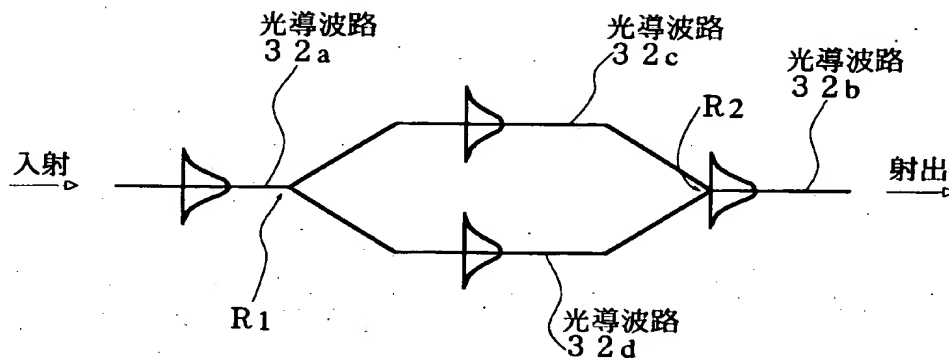
(d)



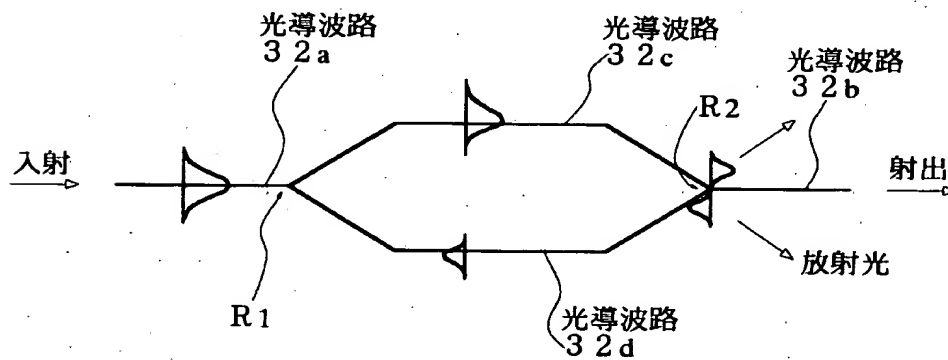
【図 4】

マッハツェンダ型の光導波路における主光信号および放射光の説明図

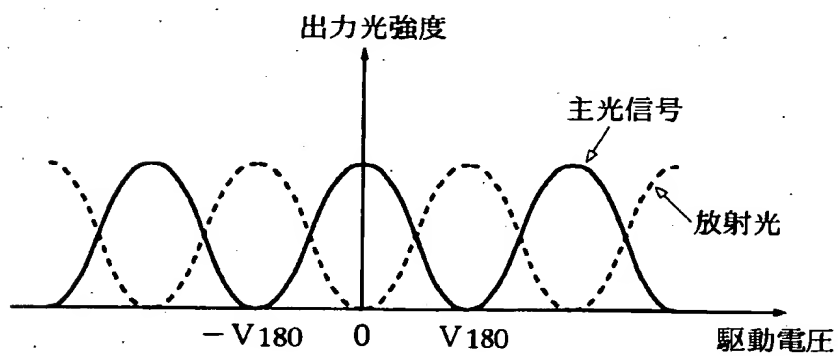
(a)



(b)

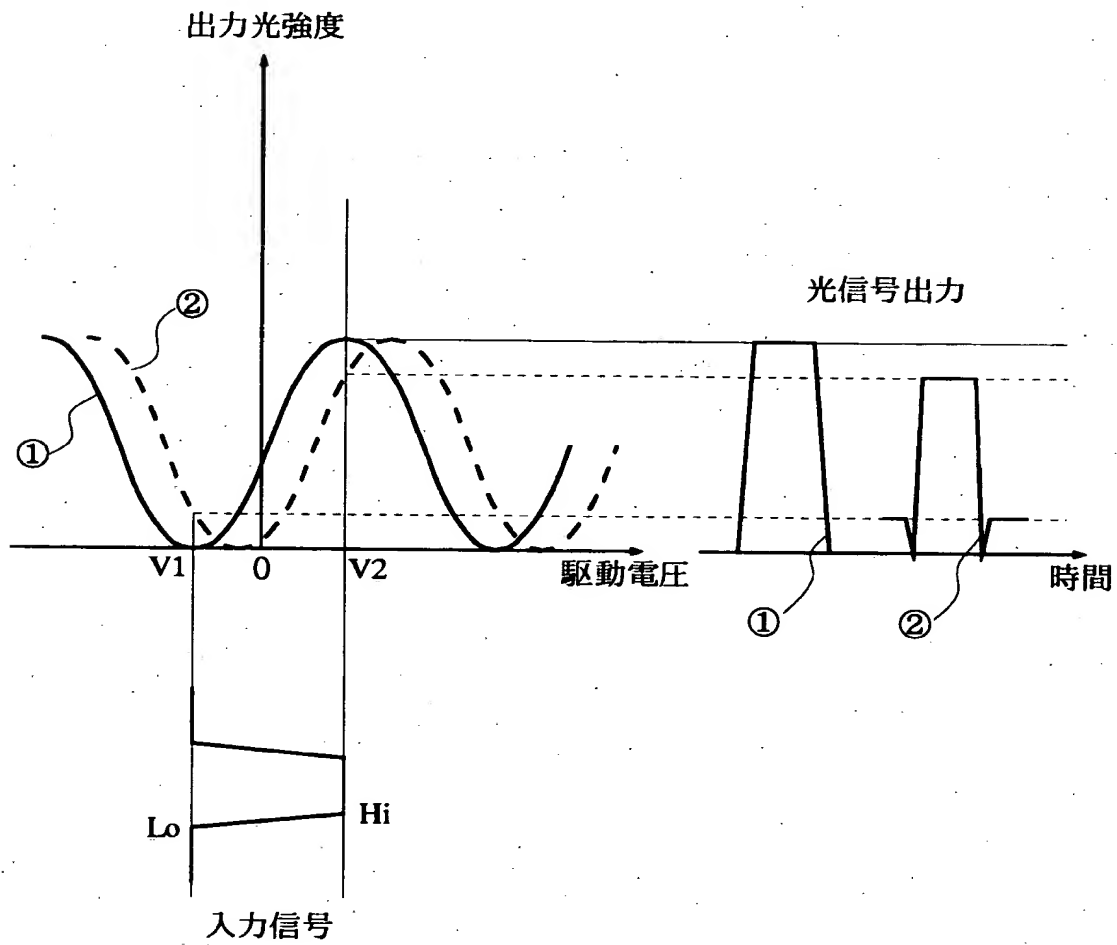


(c)



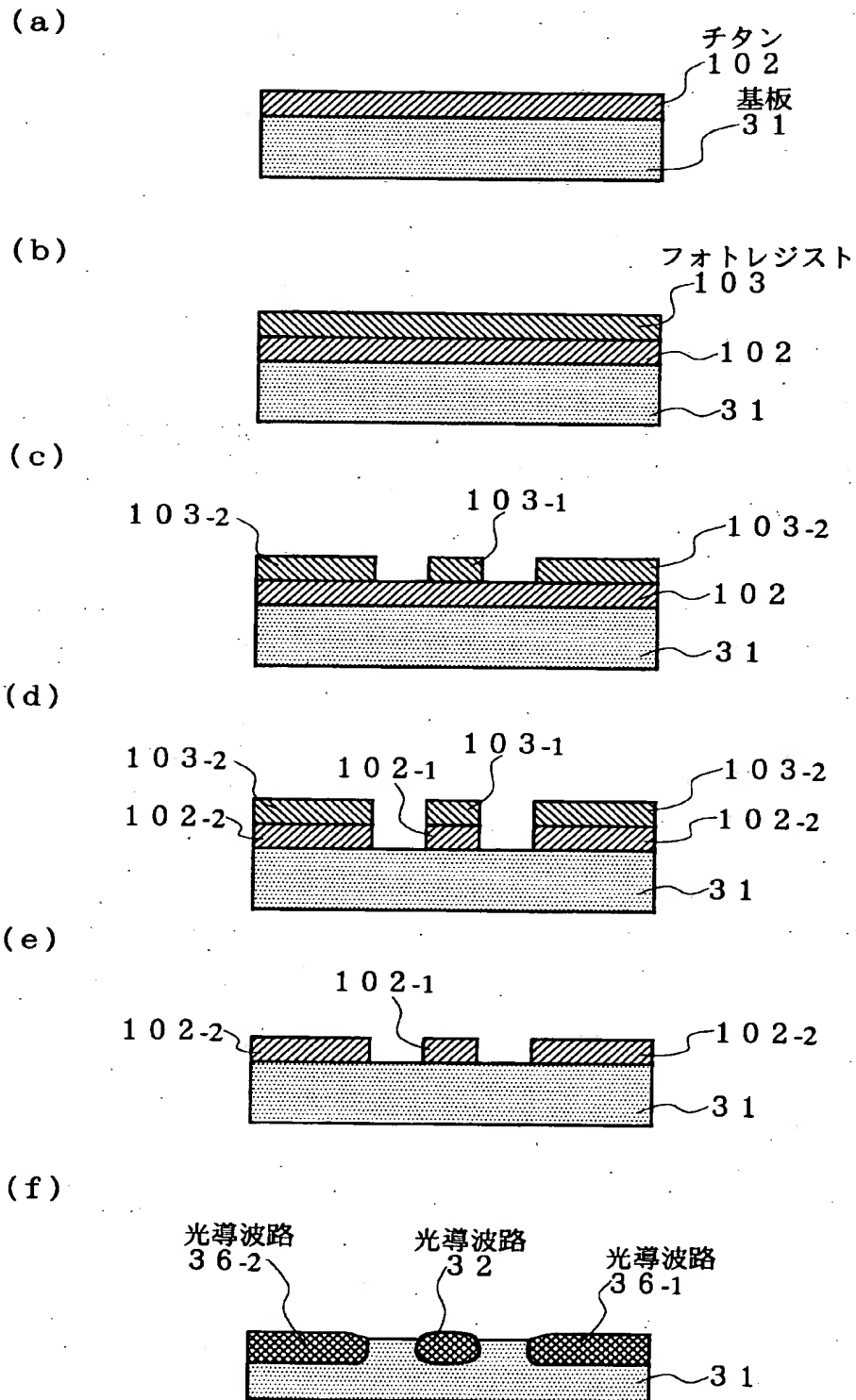
【図 5】

マッハツェンダ型光変調器の入出力特性と動作点シフトとの関係



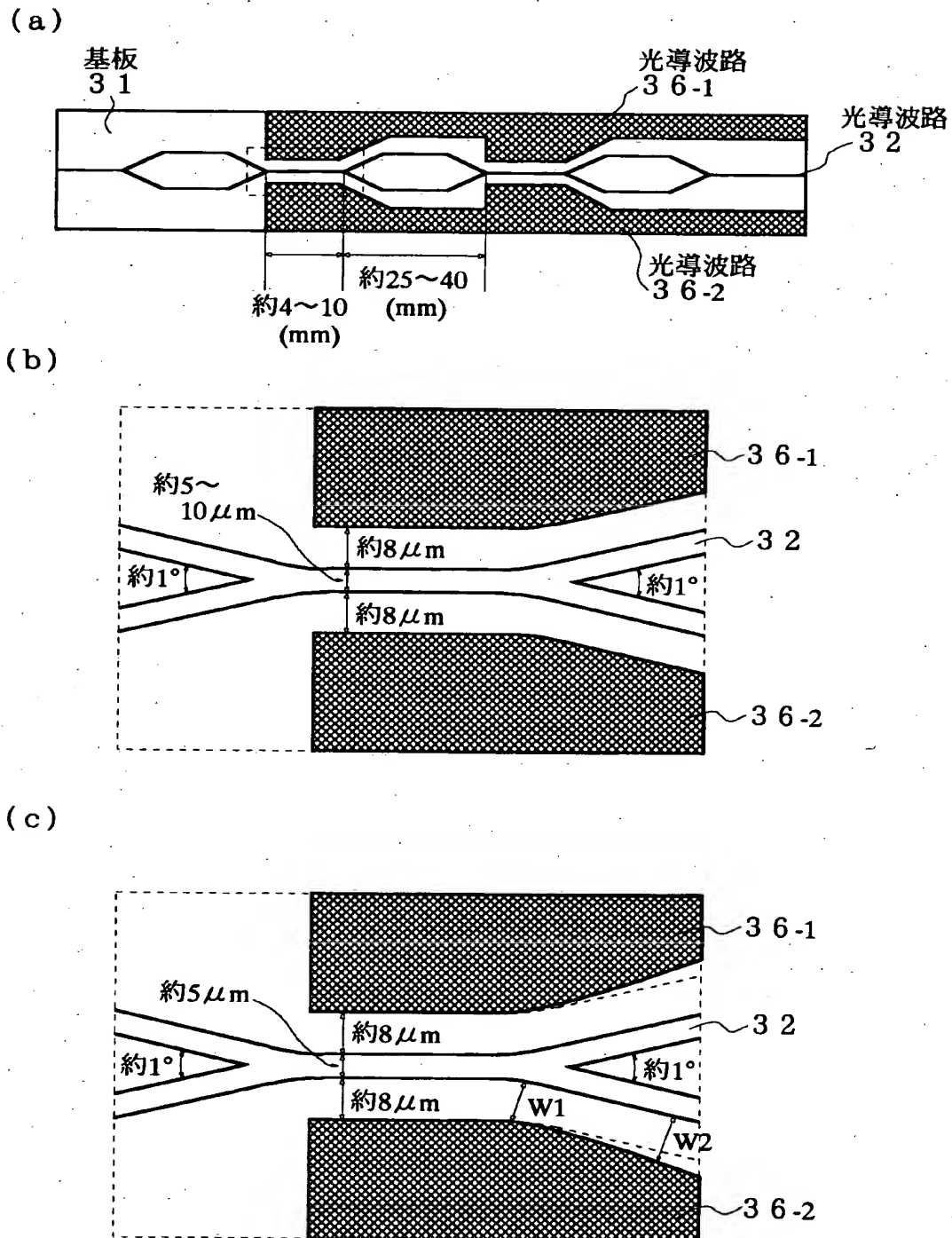
【図 6】

本実施形態の光変調器における光導波路の製造工程



【図 7】

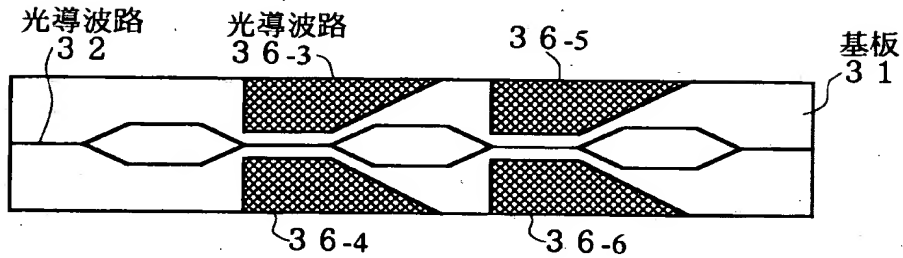
本発明にかかる光導波路の全体構成および  
Y字状結合部R2 からY字状分岐部R1 までの部分拡大図



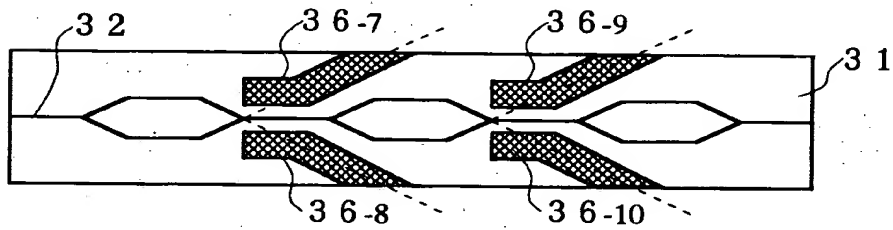
【図 8】

本発明にかかる光導波路の他のパターンの例

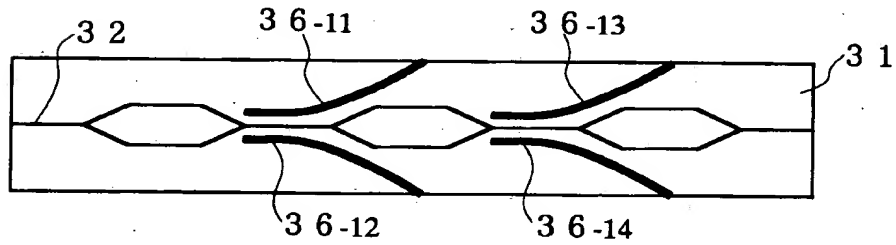
(a)



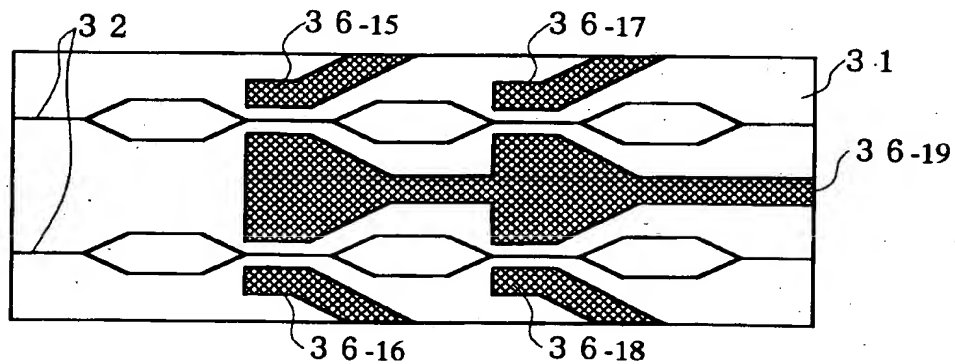
(b)



(c)



(d)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、複数の光学素子を基板に形成した光回路に関し、特に、光学素子からの非主要光を導波する光導波路を設けた光回路に関する。

【解決手段】 本発明の光回路は、複数の光学素子 1 2 が形成された基板 1 1 に第 1 光導波路 1 4 を備え、第 1 光導波路 1 4 は、複数の光学素子 1 2 の中の少なくとも 1 個の光学素子が出力光とすべき主要光を導波する第 2 光導波路 1 3 から放射されまたは漏洩する非主要光を導波するように構成される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社